第二章　肥料與植物營養研究

連　深

臺灣歷年來作物單位面積產量與肥料消費量成密切正相關之發展，此種關係固不可單純以因果關係論，但肥培管理技術之發展在臺灣各種作物單位產量之提昇，佔有很重要之角色是無庸置疑的。因臺灣位居亞熱帶及熱帶，高溫多雨，土壤中有機質分解迅速且養分易於淋洗流失，地力貧瘠，加之土地利用十分集約，土壤養分消耗極多，故研究如何適當施肥以補充土壤養分，發揮作物生產力並保持土壤永續生產力，成為臺灣土壤肥料工作之主要課題，亦為本所肥料與植物營養之研究方向。

光復前之研究成果

1903-1911年間，本所已針對本省主要作物，如：水稻、陸稻、甘薯、落花生、胡麻等進行三要素肥料試驗，綠肥與化學氮素肥料之肥效比較試驗，廄肥生產量調查及花生粕、胡麻油粕及大豆粕使用法試驗等。1932年全省13地點進行之水稻、甘薯、柑橘及煙草鉀肥肥效及施用量試驗為本省大規模肥料試驗之先驅。嗣於1932- 1942 年間，在全省118 個地點進行共 549點稻田三要素肥料試驗。該期間亦適本省稻作單位面積化學肥料用量和稻米產量的第一個高峰期；有關試驗對於本省稻田化學肥料之應用及單位產量之提高有很大貢獻，惟第二次大戰期間肥料短缺，稻作單位產量亦隨顯著下落。

光復前之肥料試驗另一需要特記者乃早於1911年即設置「連年無肥料栽培水稻試驗」以探討植物養分要素之天然供給量及地力之持續性。此項試驗迄1946年台灣光復,連續進行共 36年，為稻田地力之生態提供寶貴資料。另一長期試驗，包括各種化學肥料及廄肥、綠肥等有機質肥料之連用，亦於1924年設置。該項試驗於台灣光復後仍被繼承進行，迄1972年因本所台北舊址環境變遷，遷所在即才予結束，共歷時48年，對於台灣稻田肥力之永續性經營提供寶貴數據，亦為台灣肥料試驗史上留下光輝一頁。

光復後之研究成果

光復五十年來，由於人員、設備擴充，試驗研究乃更步入正軌。研究成果不勝枚舉，其中較重要者如下：

一、主要作物肥料需要量試驗

戰後因肥料廠漸漸恢復生產，許多省產化學肥料，如：硫銨、氰氮化鈣、尿素、硝酸銨鈣及熔磷、過磷酸鈣、磷礦石粉等相繼產出，惟資源有限；在肥穀交換制度下化學肥料仍屬高價資材，故其相對肥效及施用方法仍為重要課題。是故，1949- 1950及1953- 1955年間，在全省51地點續有 214個肥料三要素試驗，並依據此等試驗結果分析各類土壤之肥料效應，將全省分為

10區，分別推薦不同期作之施肥量。

以上三要素肥料需要是試驗地點數雖然有限，但因其分布有土壤調查、分類依據，在代表性土類地點均設有重複試區，故資料可靠，直至1960年代爲政府配肥之依據，貢獻甚大，亦對當時肥料廠生產策略有所幫助。

由於品種、栽培方法及土壤肥力不斷改進，肥料需要量不斷變化，故有關肥料需要量之試驗研究亦從未間斷；除水稻外，尚有甘藷、黃麻、小麥、落花生、棉花、苧麻、鳳梨、香蕉、柑橘及香茅等作物之施肥適量試驗。1960年以後之有關試驗則更擴及特作及蔬菜、果作等園藝作物。至於綠肥、廄肥、堆肥等有機肥料之肥效試驗則因戰後化學肥料仍爲不足，頗受重視，並繼續各種肥料之長期連用試驗，如前述。1960年代以後因化學肥料趨於充足，有機質肥料之試驗乃一度趨少，惟近年來則因農畜產廢棄物泛濫及有機農業之提倡，有關試驗再蓬勃發展。

除了各種作物之肥料之需要量和不同肥料之肥效等試驗外，對於肥料之施用時期、位置等亦有一連串試驗，結果奠定了各種作物之現行標準施肥法基礎，對於肥料之有效利用貢獻良多。

二、土壤速測及葉片營養診之應用

由於品種、栽培方法以及土壤肥力不斷改進，肥料需要量不斷變化，故有關肥料需要量之試驗從未間斷。惟鑑於土壤肥力因受多年施肥之影響而有擴大變異趨勢，爲提高施肥推薦之準確性，1960年代以後之有關試驗乃更配合土壤養分速測方法研究，探討施肥效應與土壤中有效養分含量之相關；曾舉辦稻田磷鉀效應試驗 100餘處，求得土壤有效磷鉀指數與施肥效應之相關，爲磷、鉀肥需要量推薦之依據。 1982-83年間更與各改良場合作，在全省80處舉辦三要素及矽肥料效應試驗，配合稻田肥力能限之分類以期提高土壤速測之準確性。此等土壤肥力測定對於全省土壤肥力分布之了解有一定貢獻，惟速測本身卻因稻米價格偏低，及政府爲照顧農民而推行肥料低價政策等因，除了零星的服務外，未見大規模的應用。

糧食作物之需肥試驗注重土壤有效養分測定配合，果樹方面之需肥試驗則注重葉片要素含量之測定配合。自1961年即陸續進行柑橘園之採樣期、採樣位置、採樣數等研究。待採樣技術逐漸成熟，乃參酌國內外資料，建立葉片之養分濃度標準範圍，並嘗試應用。後續調查及試驗，更提供收量、品質及葉片中要素濃度之相關，據以修訂椪柑、柳橙之氮、鉀適宜濃度範圍，並加強其應用。

1987年成立土壤與植物營養診斷分析中心，以植物營養診斷爲基礎，爲農民服務。1989年更建立果園土壤及葉片營養診斷資訊系統，依據葉片要素濃度與各要素適宜濃度基準之差異及缺乏症狀之有無判斷果樹營養狀態，並參考土壤、肥力和現行施肥量推薦改進之施肥建議，利用電腦可迅速將分析資料列印初診表，供各區農改場及農民施肥之參考。目前可進行診斷的果樹包括：柑橘、葡萄、梨、枇杷、楊桃、芒果、蓮霧和釋迦等作物。服務件數每年均達七千餘件，並配合農委會推動之降低柑橘產銷成本計畫，積極指導農民施肥管理。由於果園作物之較富經濟性，故果園葉片營養診斷之推行較糧食作物之土壤速測獲有較好績效。

三、問題土壤之作物營養障礙及改進

(一)宜蘭地區之水稻低產問題由來已久，1934年即有零星研究，認爲鉀肥有抑制鐵毒害之效果。此項解釋雖非全正確，卻爲本省水稻營養障礙研究之先例。1955年前後對於該地區之水稻低產問題有進一步之調查。1960年屏東第二期作水稻罹某種病害，面積在萬公頃以上，引起大

家的注意。一般認爲該病與宜蘭地區所發生者相似，均係由土壤排水不良、氧氣供應不足、稻根呼吸受阻與土壤中還原性產物毒害所致，故稱窒息病。研究結果發現罹病水稻鉀素含量較低，鐵含量較高，係稻根在强還元土壤環境下養分吸收受到抑制所致，經多施鉀肥及改善灌排水等措施、水稻生育獲得顯著改善，對於單位產量之提高貢獻甚大。

㈡花蓮附近部分地區及東部成功至長濱一帶三千餘公頃水稻生育不良，亦是由來已久。遂於1970年代初發現其水稻生育不良原因與缺鋅有關，即與改良場合作，示範農民每公頃施用30公斤氧化鋅普遍獲得15-25 %增產，成果卓著。農民相繼倣效，遂解決長久的生育不良問題。

㈢東部地區部份稻田易罹胡麻葉枯病問題，亦於1977年前後與花蓮區農改場合作，發現與土壤之有效性鉀、錳、矽及陽離子交換能量低有關。遂由田間試驗證實施用矽酸爐渣對於稻穀之增產最有效，施用鉀和錳亦略爲有效。

㈣1970年代相繼發現中部東勢一帶柑桔之結果不良及東部地區木瓜之果實變形，均與土壤之缺硼或天氣乾旱影響硼素吸收有關，已示範農民施用硼砂解決結果不良問題。

㈤除了以上具有明顯症狀的作物營養障礙有各種研究外，對於不具明顯症狀卻對作物健康有益之要素亦有一連串的試驗研究；自1959年起，即進行水稻之需矽試驗，結果顯示矽酸爐渣之肥效在北部砂頁岩沖積土及紅壤最爲明顯，每公頃施用1250至2500公斤，平均可增產10 %以上，在稻熱病、紋枯病害猖獗時效果最爲明顯；土壤有效性矽低於40ppm 時施用矽肥有極大增產效果。並於1970年以後進行大面積之示範推廣，普遍得到良好結果，平均增產13 %。

㈥稻田主要土型生產潛力及肥力限制因素之研究；本所曾於 1975-76年間與各地區農改場在全省120處稻田舉辦水稻施肥技術綜合示範，以統一的品種（台南5號）和三要素肥料的充分供與下測得各稻田的收量潛量，探討水稻營養性狀、土壤性質與收量之相關以明限制收量之營養因素。結果指出土壤之矽酸供應能力與收量關係最爲密切，故矽酸肥力之提高爲稻田地力增進之第一要務。又解析第二期稻作低產問題之土壤肥力因素指出第二期稻作收量低落以排水不良之石灰性土最爲顯著，如有第一期作殘株則影響加大。在這種土壤第二期作有增施鉀肥及防範缺鋅必要，並以改善排水最爲重要。

未來展望

綜觀一百年來之肥料試驗研究歷程，早期係以水稻爲主之肥料肥效爲研究對象，著重於所投肥料的效果及其報酬遞減率。研究方法則依賴肥料試驗，輔以肥料成分分析，以探討不同肥料之種類、用量或肥料成分吸收率對收量之影響。此種研究適值肥料學發展之初期，對於肥料價值之評估，施用量及施用法之初步合理化有很大之貢獻。爲擴大肥料試驗結果之適用範圍，中期的研究乃進一步配合土壤肥力之測定或植物體分析，以探求施肥效應與此等測值之關係，並根據此等關係推測不同土壤之經濟施肥適量；試驗之作物亦擴及水稻以外之雜糧和果作、特作等作物。即隨著肥料學之發展爲植物營養學，中期之肥料試驗研究亦邁入土壤肥力、植物營養診斷之應用。後期之試驗研究則更能引進營養生理觀點，提昇研究手法和範圍，對於作物低產有關的營養障礙和土壤問題，以及高產有關的土壤肥力因子和施肥技術等均有進一步的拓展及成果。此等試驗研究，無疑，已對近數十年來臺灣農業生產力之提升做出應有之貢獻。

惟近年農地之過份開發，農藥、肥料資材的過份施用，工業、農業、社區廢棄物之未能妥善處理，已導致農業生產環境品質之日益惡化。加諸國外農產品低價競爭、國人對品質之要求以及

農村勞力減少與老化等等問題，肥料與植物營養研究正遭遇前所未有之嚴厲挑戰。

試分析未來面臨之問題及必需加强研究之工作方向如下：

1. 同一農地作物之多元化及肥料資材之多投，已使土壤肥力之變異漸趨擴大，故殘留養分之掌握瞭解益加重要。更因氮素在土壤中變化多端及過去有關試驗研究的不足，今後有關土壤中氮素轉化之預測、診斷及氮素對環境品質影響之監測與評估更爲重要。
2. 由於農畜產廢棄物之大量產出，卻未能平均分散於農地，以及廢棄物本身之品質問題，亦帶來氮素之環境污染問題及重金屬污染土壤之虞。土壤有機質之分解、聚積及土壤有機質與生產力關係等仍是有待澄清之課題，是故有機質肥料之合理施用技術亦是今後試驗研究之重點方向。
3. 國內農產市場開放後，面臨國外農產品低價競爭及國人對農產品質之要求，必需以品質高且產量豐之農產品因應。應繼續研究各種重要農作物之合理施肥量與施肥法，土壤水分管理等，建立各重要作物之土壤、植物營養診斷標準，擴大診斷服務推廣，推薦正確合理之施肥量與施肥法，以降低施肥成本。
4. 因農村勞力減少與老化，今後亟需配合農機學門研製施肥機械，建立機械化施肥技術，並研究以水溶性肥料配合灌溉設施等省工施肥技術，以節省施肥工資。另坡地土壤之施肥管理技術，包括：緩效性肥料、機械深層施肥、草生栽培等亦待加强，以避免土壤及肥分流失，造成水源污染。